

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. Juli 2005 (07.07.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/062002 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01F 23/284**,
G01S 13/79

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/053459

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Dezember 2004 (14.12.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10359534.1 17. Dezember 2003 (17.12.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ENDRESS+HAUSER GMBH+CO. KG** [DE/DE];
Hauptstrasse 1, 79689 Maulburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MICALSKI, Bern-
hard** [DE/DE]; Felix-Platterweg 5, 79689 Maulburg (DE).

(74) Anwalt: **ANDRES, Angelika**; c/o Endress+Hauser
(Deutschland) Holding GmbH, PatServe, Colmarer Strasse
6, 79576 Weil am Rhein (DE).

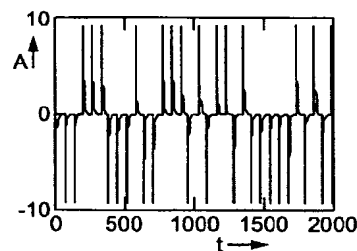
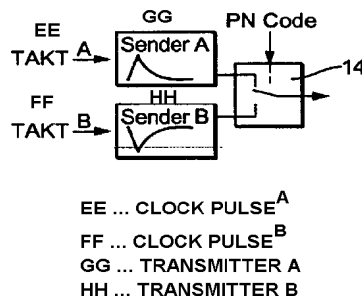
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OPTIMIZING THE EMISSION IN PULSE ECHO METHODS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR OPTIMIERUNG DER EMISSION BEI PULSECHOVERFAH-
REN



(57) Abstract: Emission values of existing broadband pulse echo methods, particularly those used in industrial metrology for level measuring, frequently reach the permissible limit values. In order to avoid possible radio permissions of the relevant measuring instrument, the invention provides a method and a circuit for optimizing the emission of broadband transmit pulses of a pulse echo method, during which the transmit pulses are transmitted with a pre-selected pulse repetition frequency. The inventive method and the circuit provide that the polarity of a pulse is, with each cycle of the pulse repetition frequency, reversed according to a random sequence or that individual pulses are, with each cycle of the pulse repetition frequency, suppressed according to a random sequence.

(57) Zusammenfassung: Emmissionswerte bisher bekannter breitbandiger Pulsechoverfahren, insbesondere solcher, die in der industriellen Meßtechnik zur Füllstandsmessung verwendet werden, erreichen häufig die zulässigen Grenzwerte. Um eine allfällige funktentechnische Zulassungen des betreffenden Messgerätes zu vermeiden, schlägt die Erfindung ein Verfahren und eine Schaltung zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulsen eines Pulsechoverfahrens vor, bei dem die Sendepulse mit einer vorgewählten Pulsrepetitionfrequenz gesendet werden. Das erfindungsgemäße Verfahren und die Schaltung sehen vor, dass die Polarität eines Pulses mit jedem Zyklus der Pulsrepetitionfrequenz entsprechend einer Zufallsfolge umgeschaltet wird oder dass einzelne Pulse mit jedem Zyklus der Pulsrepetitionfrequenz entsprechend einer Zufallsfolge unterdrückt werden.



WO 2005/062002 A1



PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Verfahren und Vorrichtung zur Optimierung der Emission bei Pulsechoverfahren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Optimierung der Emission bei Pulsechoverfahren mit elektromagnetischen Signalen. Die Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Optimierung der Emission bei breitbandigen Pulsradarverfahren, wie sie in der industriellen Messtechnik im Rahmen einer Prozeßautomatisierung zur genauen Entfernungsbestimmung fester und beweglicher Ziele verwendet werden.

Ein bekanntes Pulsradarverfahren ist beispielsweise die kontinuierliche Bestimmung eines Füllstands eines Mediums in einem Behälter oder Tank. In der industriellen Prozeßmeßtechnik werden solche Messungen mit Pulsradarsignalen durchgeführt, die von einem meist oben im Tank oder Behälter angebrachten Messgerät, auch Transmitter genannt, zum Medium gesendet werden. Die Signale werden vom Medium reflektiert und als so genannte Echosignale vom Messgerät empfangen. Prinzipiell wird bei diesem Verfahren mittels einer Sendeimpulsfolge und einer Abtastimpulsfolge mit einer geringfügig unterschiedlichen Impulswiederholfrequenz ein zeittransformiertes Zwischenfrequenzsignal erzeugt. Dieses Zwischenfrequenzsignal wird verstärkt, demoduliert und auf die Laufzeit des Messsignals hin ausgewertet. Aus der Laufzeit eines Messsignals wird die Entfernung zwischen Messgerät und Medium bestimmt, woraus dann in Kenntnis der Geometrie des Behälters oder Tanks der gesuchte Füllstand ermittelt wird.

Sinnvollerweise befindet sich das Messgerät oberhalb des Mediums und des höchsten zu erwartenden Füllstands des Mediums im Behälter oder Tank. Pulsradarsignale werden dazu üblicherweise entweder frei vom Messgerät zum Medium emittiert oder an einem in das Medium eintauchenden Wellenleiter geführt. Die Messgenauigkeit hängt von der Dielektrizitätskonstanten des Mediums, auch DK-Wert genannt, ab.

Die für die beschriebenen Füllstandsmessungen verwendeten Pulsradarsignale sind sehr breitbandig und weisen Sendepulsspektren im Bereich von einigen MHz bis in den GHz-Bereich hinein auf. Sie bereiten jedoch eben darum immer wieder Probleme mit ihren Emissionswerten, die oft bis an die zulässigen Grenzwerte funktechnischer und anderer Zulassungen, wie z.B. beim so genannten CE-Zeichen, gehen. Hersteller von Messgeräten der industriellen Prozeßmeßtechnik, die mit Pulsradarsignalen

arbeiten, haben aber normalerweise kein Interesse an einer funktechnischen Zulassung für diese Messgeräte.

[005] Um die Emmissionswerte der Messgeräte mit Pulsradarsignale unterhalb jener Grenzwerte zu halten, ab denen eine funktechnische Zulassung erforderlich ist, sind in der Praxis bisher immer Maßnahmen getroffen worden, die zu Lasten der Messperformance bzw. des Einsatzbereiches in der Anwendung gingen. Einige Maßnahmen zur Herabsetzung der Emission und die damit verbundenen Einschränkungen sind hier nachfolgend genannt:

- Eine Verringerung des Sendepiegels führt zu einem entsprechend geringeren Echosignal. Speziell bei großen Messdistanzen und geringen DK-Werten des Mediums sinkt damit jedoch die Sicherheit, ein eindeutiges Echosignal zu erhalten.
- Eine Verringerung der Pulswiderholrate verringert zwar die Emission, verschlechtert aber die Messgeschwindigkeit und/oder die Auflösung der Nutzsignale.

[006] Ist es andererseits nicht möglich, die Emission der zu Füllstandsmessungen verwendeten Pulsradarsignale zu verringern, ist ein Betrieb der betreffenden Messgeräte nur in geschlossenen metallischen Behältern oder Tanks möglich, wenn geforderte Emissionsgrenze für Industrieumgebung nicht ausreichend ist. Bei nichtmetallischen Behältern bleibt dann nur noch ein Betrieb mit auf einem Wellenleiter geführten Pulsradarsignalen, wobei der Wellenleiter eine Koaxial-Sonde sein sollte.

[007] Die beschriebenen Probleme sind grundsätzlicher Art, und viele Hersteller von Messgeräten mit Radarpulssignalen haben bisher nur unwesentliche Fortschritte gemacht haben. Außerdem sind Hinweise auf Einschränkungen der Einsatzbedingungen bezüglich CE-Bestimmungen müssen in der Betriebsanleitung vermerkt werden.

[008] Für Messgeräte mit schmalbandigen Radarsignale wurde bereits eine andere Möglichkeit entwickelt, die Emmissionswerte der Pulsradarsignale zu begrenzen. Die Deutsche Patentschrift DE-4207627-C2 beschreibt, wie eine einzige Frequenz eines schmalbandigen Radarpulssignals, das als Messsignal eines Messgerätes dient, in seiner Phase um $\frac{\pi}{4}$ rad im Sinne einer Phasenmodulation verschoben wird. Nach der DE-4207627-C2 wird dazu die Phase der Trägerfrequenz der Radarwellenpulsfolge und die Phase der Abtastimpulsfolge synchron durch die gleiche pseudo-statistische Binärfolge moduliert. Dieses Verfahren führt zu einer Reduktion der hohen Emmissionswerte, genauer: der Spektrallinienleistung durch Umwandlung in eine

gleichförmige, niedrige spektrale Leistungsdichte. Es betrifft jedoch nur eine einzelne Frequenz des betrachteten Spektrum und ist somit nicht für breitbandige Radarpulssignalverfahren geeignet, weil es in diesem Falle versagt. Für Füllstandsmessungen in der industriellen Messtechnik werden jedoch breitbandige Radarpulssignale verwendet, die jedoch sehr viele Einzelfrequenzanteile besitzen. Wollte man das Verfahren nach der DE-4207627-C2 darauf anwenden, müsste jeder Frequenzanteil um seine spezifische $\frac{1}{m}$ rad verschoben werden, was zu einer jeweils unterschiedlichen Zeitverschiebung führen würde. Damit ist das Verfahren nach der DE-4207627-C2 für industrielle Füllstandsmesstechnik mit breitbandigen Pulsradarsignalen ungeeignet.

[009] Weiterhin ist von Füllstandsmessungen mit breitbandigen Radarpulssignalen bekannt, dass sich bei sehr kurzen Nadelimpulsen das Störspektrum über mehrere Frequenzdekaden von einigen MHz bis zu einigen GHz erstrecken kann, so dass je nach Signalform, Amplitude und Pulswiederholungsfrequenz die zulässigen bzw. erwünschten Emissionswerte leicht überschritten werden können. Um den Emissionspegel zu minimieren, ist versucht worden, die Pulswiederholungsfrequenz zu modulieren bzw. mit einem Phasenjitter zu versehen. Aber besonders bei rein digital aufgebauten Füllstandsmessgeräten, bei denen die Pulswiederholungsfrequenz von einem Quarz gesteuert ist, ist dies mit erhöhtem Aufwand verbunden, weil analoge Komponenten benötigt werden.

[010] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Optimierung der Emission bei breitbandigen Pulsradarverfahren anzugeben, die die oben angegebenen Nachteile vermeidet und die auch die Verwendung einer in der industriellen Messtechnik üblichen Quarz-genauen Pulswiederholungsfrequenz ermöglicht.

[011] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulse eines Pulsechoverfahrens, bei dem die Sendepulse mit einer vorgewählten Pulsrepetitionfrequenz gesendet werden, wobei die Polarität eines Pulses mit jedem Zyklus der Pulsrepetitionfrequenz entsprechend einer Zufallsfolge umgeschaltet wird.

[012] Bei einer besonderen Ausführung des Verfahren nach der Erfindung ist die Pulsrepetitionfrequenz konstant.

[013] Bei einer anderen Ausführung des Verfahren nach der Erfindung ist die Pulsrepetitionfrequenz zusätzlich verjittert.

[014] Noch eine andere Ausführung des Verfahren nach der Erfindung arbeitet mit Sendepulsen mit beliebiger Pulsform.

- [015] Die oben genannte Aufgabe wird auch gelöst durch eine erste Variante einer Schaltung zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulse eines Pulsechoverfahrens, die zwei Sendesignalgeneratoren unterschiedlicher Polarität umfasst, zwischen deren Ausgangssignalen in Abhängigkeit einer erzeugten Zufallsfolge hin- und hergeschaltet wird.
- [016] Die oben genannte Aufgabe wird weiterhin gelöst durch eine zweite Variante einer Schaltung zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulse eines Pulsechoverfahrens, die zwei Sendesignalgeneratoren unterschiedlicher Polarität umfasst, die in Abhängigkeit einer erzeugten Zufallsfolge ein- bzw. ausgeschaltet werden.
- [017] Im übrigen wird die oben genannte Aufgabe gelöst durch eine dritte Variante einer Schaltung zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulse eines Pulsechoverfahrens, die einen in seiner Polarität umschaltbaren Sendesignalgenerator umfasst, der in Abhängigkeit einer erzeugten Zufallsfolge umgeschaltet wird.
- [018] In einer besonderen Ausführungsform der Schaltung nach der Erfindung ist die Zufallsfolge eine PN-Codefolge, die von einer PN-Codegeneratorschaltung erzeugt wird.
- [019] Bei einer anderen Ausführung der erfindungsgemäßen Schaltung umfasst die PN-Codegeneratorschaltung mehrstufiges Schieberegister mit Rückkoppelabgriffen.
- [020] Eine weitere Ausführungsform der Schaltung nach der Erfindung umfasst eine XOR-Verknüpfung für die Rückkoppelabgriffe.
- [021] Grundsätzlich liegt der Erfindung die Erkenntnis zugrunde, dass eine Verschiebung eines breitbandigen Signals um π nichts anderes ist, als eine Umpolung des breitbandigen Signals, bzw. eine Multiplikation des Signals mit dem Faktor -1. Eine solche Umpolung eines breitbandigen Signals insbesondere eines solchen für industrielle Messverfahren ist nach der Erfindung sicher zu realisieren. Besonders die Ausführungen der erfindungsgemäßen Schaltung mit Schieberegistern zur Erzeugung der Zufallsfolge, die die Umschaltung der Polarität kontrolliert und die Polarität sozusagen codiert wird, ermöglicht eine exakte Periodizität der Sendesignale und damit einen reproduzierbar günstigen Effekt auf die Emissionswerte. Je größer die Anzahl der verwendeten Schieberegister, desto länger die Zeit, bis sich die Serie der optimierten Sendesignale wiederholt.
- [022] Ein weitere Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass sie die Verwendung einer beliebigen Signalform eines Pulsradarsignals erlaubt, da die erfindungsgemäße Codierung der Polarität der Sendesignale unabhängig von deren Signalform geschieht.
- [023] Insgesamt ist festzustellen, dass der Emissionswert breitbandiger Pulsradarsignale

mit der erfindungsgemäßen Polaritätscodierung des Sendepulses wesentlich minimiert wird, obwohl der Sendepegel und/oder die Pulswiederholrate zusätzlich gesteigert werden kann. Dies führt bei Messverfahren, insbesondere bei Füllstandsmessungen mit Pulsradarverfahren zu einer Erhöhung der Messperformance und bietet zusätzlich den Vorteil, dass eine Unterscheidung der Einsatzfähigkeit für metallische Behälter oder Freifeld einfacher wird. Damit sind auch Füllstandsmessungen mit breitbandigen Pulsradarsignalen in Glas- oder Kunststoffbehältern möglich, die mit bisher üblichen breitbandigen Pulsradarsendesignalen wegen zu starker Emmissionswerte nicht durchführbar waren. Indirekt verbessert sich auch die Störfestigkeit der Signale, weil die Pegel der Nutzsignale, also der Nutzechos, gegenüber gleichen Bedingungen bei bisherigen Messverfahren größer werden.

- [024] Zusätzlich können Phantomechosignale, die aufgrund von Überreichweiten entstehen, unterdrückt werden.
- [025] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen genauer erläutert und beschrieben, wobei auf die beigefügten Zeichnung verwiesen wird. Dabei zeigen:
- [026] Fig. 1 eine Darstellung des zeitlichen Verlaufs eines
[027] herkömmlichen breitbandigen Pulsradarsignals;
- [028] Fig. 2 eine Darstellung des Frequenzspektrums des
[029] breitbandigen Pulsradarsignals nach Fig. 2;
- [030] Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel einer Schaltung eines
[031] PN-Codegenerators nach der Erfindung;
- [032] Fig. 4 ein erstes Ausführungsbeispiel einer Schaltung
[033] nach der Erfindung zur Erzeugung eines Sendesignals
[034] mit codierter Polarität;
- [035] Fig. 5 ein zweites Ausführungsbeispiel einer Schaltung
[036] nach der Erfindung zur Erzeugung eines Sendesignals
[037] mit codierter Polarität;
- [038] Fig. 6 ein drittes Ausführungsbeispiel einer Schaltung
[039] nach der Erfindung zur Erzeugung eines Sendesignals
[040] mit codierter Polarität;
- [041] Fig. 7 eine Darstellung des zeitlichen Verlaufs eines
[042] codierten breitbandigen Pulsradarsignals;
- [043] Fig. 8 eine Darstellung des Frequenzspektrums des
[044] codierten breitbandigen Pulsradarsignals nach Fig. 7;

- [045] Fig. 9 eine Darstellung des zeitlichen Verlaufs eines
[046] nach der Erfindung polaritätscodierten
[047] breitbandigen Pulsradarsignals mit gegenüber
[048] dem in Fig. 7 dargestellten Signal verbesserter
[049] Codierung; und
[050] Fig. 10 eine Darstellung des Frequenzspektrums des
[051] breitbandigen polaritätscodierten Pulsradarsignals
[052] nach Fig. 9.
- [053] Die Erfindung wird nachfolgend und ohne Einschränkung des Erfindungs-
gedankens anhand von Ausführungsbeispielen für eine Schaltung und ein Verfahren
für eine TDR-Füllstandsmessung der industriellen Messtechnik beschrieben. Die
Erfindung ist die für darüber hinaus zur Optimierung der Emission der verschiedensten
breitbandigen Pulsradarverfahren geeignet.
- [054] Das so genannte TDR-Meßverfahren ist eine Pulsechomethode, bei der extrem
breitbandige Sendepulssignale, im Mikrowellenbereich, von einem Füllstands-
messgerät gesendet werden. Ein mit dem Füllstandsmessgerät, in dem die Sen-
designale erzeugt und bearbeitet werden, verbundener Wellenleiter taucht dazu übli-
cherweise in das Medium ein, dessen Füllstand in einem Behälter oder Tank gemessen
werden soll. Die Sendepulssignale werden auf dem Wellenleiter bis zum Medium
geführt, an dessen Oberfläche sie reflektiert werden und als Nutzechosignal auf dem
Wellenleiter zum Messgerät zurücklaufen. Obwohl der größte Teil der Signalenergie
auf dem Wellenleiter als Nutzsignal läuft und als Nutzechosignal wieder empfangen
wird, wird ein gewisser Energieanteil abgestrahlt. Je nach Signalform, Amplitude und
Pulsrepetitionsfrequenz (PRF) können die Emissionswerte dabei sehr schnell vorge-
schriebene bzw. zulässige Grenzwerte überschreiten und Störungen vielfältiger Art
verursachen. Da bei dem TDR-Meßverfahren bisher sehr kurze positive Nadelimpulse
gesendet werden, wie beispielsweise in Fig. 5 dargestellt ist, erstreckt sich das
Störspektrum über mehrere Frequenzdekaden von einigen MHz bis zu einigen GHz.
Das üblicherweise auftretende Spektrum besteht aus Spektrallinien deren Verlauf z.B.
bei einer solchen Nadelpulsfolge nach höheren Frequenzen hin abfällt, wie Fig. 2 ver-
anschaulicht. Der Abstand der einzelnen aufeinander folgenden Spektrallinien wird
durch die Pulswiederholungsrate, auch Pulsrepetitionsfrequenz (PRF) genannt,
bestimmt.
- [055] Zur Erläuterung sei angemerkt, dass in allen Diagrammen der Fig. 1, 7 und 9 der
zeitliche Verlauf von Signal-Amplituden A gegen eine Zeit t aufgetragen ist. In den

dazugehörenden Fig. 2, 8 und 10 ist jeweils das zu den Signalen der Fig. 1, 7 und 9 gehörende Frequenzspektrum veranschaulicht, d.h. der Betrag der Signale in **dB** ist gegen die Frequenz **f** aufgetragen.

[056] Wie oben beschrieben, zielt die Erfindung darauf ab, breitbandige Sendepulssignale, beispielsweise TDR-Sendepulse, die mit der Pulsrepetitionfrequenz PRF gesendet werden, zu optimieren. Dazu wird die Polarität der Sendepulse mit jedem PRF-Zyklus gemäß einer Zufallsfolge umgeschaltet. Es hat sich gezeigt, dass jene Zufallsfolgen am effektivsten sind, die statistisch gleich verteilte Werte aufweisen. Die bekannteste Zufallsfolge dieser Art und die einfach digital realisierbar ist, ist die so genannte PN-Codierung. PN steht für Pseudo-Noise, das bedeutet eine zufällige Folge aufeinander folgender 0- bzw. 1-Digitalwerte, den so genannten PN-Werten, die statistisch gleich verteilt ausgegeben werden, jedoch mit einer Periodizität. Im Prinzip handelt es sich dabei um ein digital erzeugtes Rauschen mit exakt einstellbarer Periodizität.

[057] In Fig. 3 ist ein Ausführungsbeispiel einer solchen Schaltung eines PN-Codegenerators 10 nach der Erfindung dargestellt, mit der das erfindungsgemäße Verfahren zur Optimierung der Emission breitbandiger Sendepulse, realisiert wird. Der PN-Codegenerator 10 ist als n-stufiges Schieberegister Q mit Rückkoppelabgriffen über eine XOR-Verknüpfung 12 aufgebaut. Die einzelnen Stufen Q1 - Qn, vorzugsweise mindestens zwei Stufen, bilden das n-Bit Schieberegister mit einem Schieberegistertakt, der einen Eingangswert an einem Dateneingang **D** mit jedem Takt **TAKT** um eine Registerposition weiter schiebt. **TAKT** veranschaulicht hierbei die quartzgesteuerte Pulswiederholungsfrequenz, die ebenfalls am Schieberegister Q am Eingang **CLK** anliegt. Durch die Rückkopplung an mindestens zwei Schieberegisterausgängen über die XOR-Verknüpfung 12 wird ein Dateneingangswert **D** erzeugt. Ausgangsseitig wird am PN-Codegenerators 10 eine Zufallsfolge PNCode erzeugt, die als Steuersignal und Code für eine Schaltung nach der Erfindung zur Erzeugung eines Sendesignals nach den Fig. 4, 5 und 6 verwendet wird, bei der in Abhängigkeit von der Zufallsfolge PNCode die Polarität des Sendesignals umgeschaltet wird.

[058] Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Periodizität, mit der sich die Zufallsfolge wiederholt von der Länge eines Schieberegisters abhängig ist. Je größer die Anzahl der Schieberegister Q1-Qn, desto länger die Zeit, bis sich die Zufallsfolge wiederholt. Für den in Fig. 3 dargestellten PN-Codegenerators 10 kann jedoch für die meisten Anwendungsfälle die Anzahl der Stufen Q1-Qn und damit die Schieberegisterlänge so gewählt werden, dass die resultierende Zufallsfolge als nicht periodische Folge

betrachtet werden kann. Zufallsfolgen mit z.B. Gaussverteilung oder andere statistisch nicht gleich verteilte Folgen sind zwar möglich, aber nicht so effektiv. Als besonders effektiv hat sich jedoch ein Schieberegister Q mit einer Bitbreite von 9 Bit, also neun Registerstufen Q1-Q9, gezeigt, mit dem eine Zufallsfolge PNCode mit einer Länge von 511 nahezu gleich verteilten 0- bzw. 1-Takten erzeugt werden kann: 254 pos. Werte, 255 neg. Werte.

[059] Die eigentliche Schaltung nach der Erfindung zur Erzeugung eines breitbandigen Sendesignals mit einer durch die im PN-Codegenerators 10 (siehe Fig. 3) erzeugten Zufallsfolge PNCode codierten Polarität ist auf verschiedene Weise realisierbar. Ausführungsbeispiele dazu sind in den Fig. 4, 5 und 6 dargestellt. Entweder werden dazu zwei Sendesignalgeneratoren **Sender A** und **Sender B**, verwendet, die jeder ein Sendesignal mit unterschiedlicher Polarität erzeugen oder ein einzelner Sendesignal-generator **Sender C** mit umschaltbarer Polarität.

[060] Die Umschaltung erfolgt bei der in Fig. 4 dargestellten Schaltung durch einen Umschalter 14, der in Abhängigkeit des an ihm anliegenden Polaritätscodes PNCode zwischen den Ausgänge der beiden Sendesignalgeneratoren **Sender A** und **Sender B** hin- und herschaltet. Eingangsseitig liegt an den Sendesignalgeneratoren **Sender A** und **Sender B** die Pulswiederholungsfrequenz **TAKT** an.

[061] Bei der in Fig. 6 dargestellten Schaltung wird ein Umschalter 16 auf die Eingänge der Sendesignalgeneratoren **Sender A** und **Sender B** geschaltet, der in Abhängigkeit des an ihm anliegenden Polaritätscodes PNCode zwischen den Eingänge der beiden Sendesignalgeneratoren **Sender A** und **Sender B** hin- und herschaltet.

[062] Anders verhält es sich mit der in Fig. 5 dargestellten Schaltung. Hier wird Polaritätscode PNCode direkt auf den Eingang des in seiner Polarität umschaltbaren Sendesignalgenerator **Sender C** gegeben.

[063] Die Fig. 7 - 10 veranschaulichen die deutliche Reduzierung der Emmissionswerte der mit der Erfindung erzeugten polaritätscodierten breitbandigen Sendesignale. Bei einem PN-Wert der in dem PN-Codegenerator 10 (siehe dazu Fig. 3) erzeugten Zufallsfolge PNCode steht ausgangssseitig an den Schaltungen nach den Fig. 4-6 ein positiver Sendepuls an, bei einem PN-Wert = 0 wird ein Puls gleicher Pulsform, aber mit negativer Polarität ausgegeben. Diese Situation ist Fig. 9 dargestellt.

[064] Es ist aber auch möglich, nicht nur die Polarität der Sendesignale codiert umzuschalten, sondern entsprechend einer Zufallsfolge **PNCode** Pulse zu unterdrücken. Die besondere Wirkung eines solchen Verfahrens lässt sich auch am Beispiel einer Nadelpulsfolge als Sendesignale in Fig. 7 zeigen. Im Vergleich mit einer herkömmlichen

uncodierten Nadelpulsfolge nach Fig. 1 und dem in Fig. 2 dargestellten Emmissionsspektrum zeigt sich bei dem in Fig. 8 dargestellten Betrags- bzw. Emmissionsspektrum zur codierten Nadelpulsfolge nach Fig. 7 bereits eine deutliche Reduzierung der Emmissionswerte.

[065] Noch deutlicher wird der Effekt der Optimierung der Emmissionswerte in den Fig. 9 und 10, die eine nach der Erfindung polaritätscodierte Pulsfolge darstellen. Die hier dargestellten Signale wurde mithilfe eines PN-Codegenerator 10 nach Fig. 3 mit einem 7-Bit-Schieberegister erzeugt. In Fig. 9 sind deutlich die durch die polaritätscodierte Pulsfolge aus negativen und positiven Pulsen zu sehen. Das dazugehörige Betrags- bzw. Emmissionsspektrum in Fig. 10 zeigt, dass der Absolutpegel der Emission drastisch gesenkt worden ist.

[066] Für alle beschriebenen Sendesignale hat sich gezeigt, dass es vorteilhaft sein kann, wenn die Pulsrepetitionfrequenz **TAKT** konstant oder zusätzlich verjittert ist.

Ansprüche

- [001] 1. Verfahren zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulsen eines Pulsechoverfahrens, bei dem die Sendepulse mit einer vorgewählten Pulsrepetitionfrequenz (**TAKT**) gesendet werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Polarität eines Pulses mit jedem Zyklus der Pulsrepetitionfrequenz (**TAKT**) entsprechend einer Zufallsfolge (**PNCode**) umgeschaltet wird.
- [002] 2. Verfahren zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulsen eines Pulsechoverfahrens, bei dem die Sendepulse mit einer vorgewählten Pulsrepetitionfrequenz (**TAKT**) gesendet werden, dadurch gekennzeichnet, dass einzelne Pulse mit jedem Zyklus der Pulsrepetitionfrequenz (**TAKT**) entsprechend einer Zufallsfolge (**PNCode**) unterdrückt werden.
- [003] 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulsrepetitionfrequenz (**TAKT**) konstant ist.
- [004] 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulsrepetitionfrequenz (**TAKT**) zusätzlich verjittert ist.
- [005] 5. Verfahren nach einem der vorgehenden Ansprüche 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulsform des der Sendepulse beliebig ist.
- [006] 6. Schaltung zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulse eines Pulsechoverfahrens dadurch gekennzeichnet, dass sie zwei Sendesignalgeneratoren (**Sender A, B**) unterschiedlicher Polarität umfasst, zwischen deren Ausgangssignalen in Abhängigkeit einer erzeugten Zufallsfolge (**PNCode**) hin- und hergeschaltet wird.
- [007] 7. Schaltung zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulse eines Pulsechoverfahrens dadurch gekennzeichnet, dass sie zwei Sendesignalgeneratoren (**Sender A, B**) unterschiedlicher Polarität umfasst, die in Abhängigkeit einer erzeugten Zufallsfolge (**PNCode**) ein- bzw. ausgeschaltet werden.
- [008] 8. Schaltung zur Optimierung der Emission von breitbandigen Sendepulse eines Pulsechoverfahrens dadurch gekennzeichnet, dass sie einen in seiner Polarität umschaltbaren Sendesignalgenerator (**Sender C**) umfasst, der in Abhängigkeit einer erzeugten Zufallsfolge (**PNCode**) umgeschaltet wird.
- [009] 9. Schaltung nach einem der Ansprüche 6, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufallsfolge (**PNCode**) eine PN-Codfolge ist, die von einer PN-Codegeneratorschaltung (10) erzeugt wird.

- [010] 10. Schaltung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die PN-Codegeneratorschaltung (10) ein mehrstufiges Schieberegister (Q1-Qn) mit Rückkoppelabgriffen umfasst.
- [011] 11. Schaltung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine XOR-Verknüpfung für die Rückkoppelabgriffe umfasst.

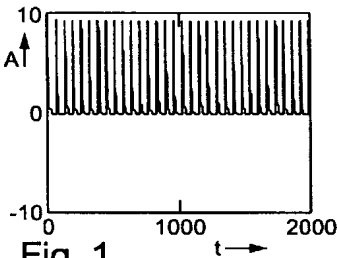


Fig. 1

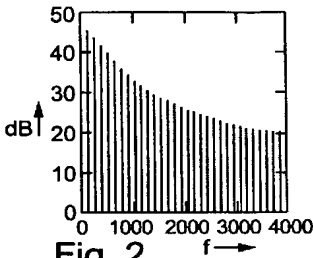


Fig. 2

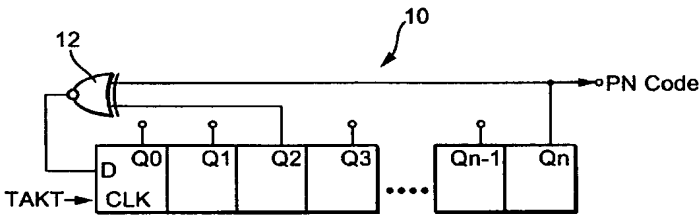


Fig. 3

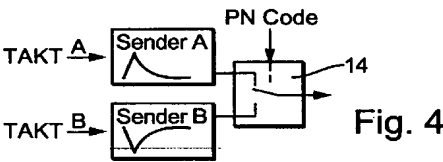


Fig. 4

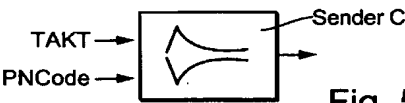


Fig. 5

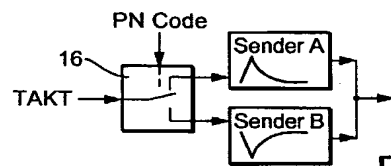


Fig. 6

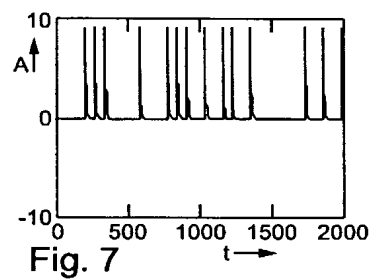


Fig. 7

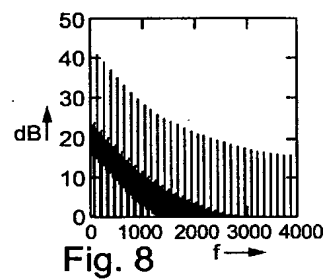


Fig. 8

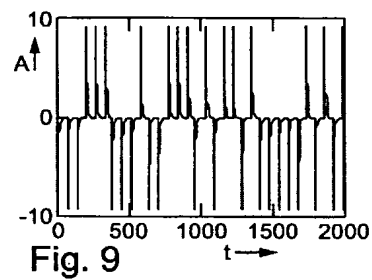


Fig. 9

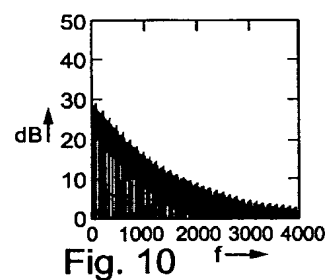


Fig. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/053459

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01F23/284 G01S13/79

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01F G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 2 238 439 A (* BRITISH GAS PLC) 29 May 1991 (1991-05-29) the whole document	1-9
X	US 5 075 863 A (NAGAMUNE ET AL) 24 December 1991 (1991-12-24) column 4, lines 6-24 column 5, lines 35-68 column 6, line 34 - column 23, line 2 figures 1-12	1-11
X	EP 0 449 590 A (NKK CORPORATION) 2 October 1991 (1991-10-02) the whole document	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 June 2005

Date of mailing of the international search report

14/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Roetsch, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/053459

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2238439	A	29-05-1991	NONE	
US 5075863	A	24-12-1991	JP 1890026 C	07-12-1994
			JP 2145985 A	05-06-1990
			JP 6016080 B	02-03-1994
			JP 1890028 C	07-12-1994
			JP 2098685 A	11-04-1990
			JP 6016081 B	02-03-1994
			US RE35607 E	16-09-1997
			AT 123579 T	15-06-1995
			AU 628066 B2	10-09-1992
			AU 3939589 A	12-04-1990
			BR 8903984 A	17-04-1990
			CA 1332458 C	11-10-1994
			CN 1041654 A , B	25-04-1990
			DE 68922954 D1	13-07-1995
			DE 68922954 T2	30-11-1995
			EP 0362992 A2	11-04-1990
			KR 9301549 B1	04-03-1993
			ZA 8906028 A	25-04-1990
EP 0449590	A	02-10-1991	JP 2032952 C	19-03-1996
			JP 3282284 A	12-12-1991
			JP 7060181 B	28-06-1995
			JP 2100199 C	22-10-1996
			JP 3281716 A	12-12-1991
			JP 8026386 B	13-03-1996
			AU 7374991 A	28-11-1991
			AU 7375091 A	03-10-1991
			AU 7375191 A	03-10-1991
			BR 9101250 A	05-11-1991
			BR 9101251 A	05-11-1991
			BR 9101257 A	05-11-1991
			CA 2038818 A1	01-10-1991
			CA 2038823 A1	01-10-1991
			CA 2038825 A1	01-10-1991
			CN 1055391 A	16-10-1991
			CN 1055426 A	16-10-1991
			CN 1055392 A	16-10-1991
			DE 69123772 D1	06-02-1997
			DE 69123772 T2	31-07-1997
			DE 69127575 D1	16-10-1997
			DE 69127575 T2	16-04-1998
			EP 0449590 A2	02-10-1991
			EP 0451987 A2	16-10-1991
			EP 0449596 A2	02-10-1991
			KR 9409241 B1	01-10-1994
			US 5182565 A	26-01-1993
			US 5329467 A	12-07-1994
			US 5115242 A	19-05-1992
			ZA 9102367 A	24-12-1991
			ZA 9102368 A	24-12-1991

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/053459

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01F23/284 G01S13/79

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01F G01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 2 238 439 A (* BRITISH GAS PLC) 29. Mai 1991 (1991-05-29) das ganze Dokument	1-9
X	US 5 075 863 A (NAGAMUNE ET AL) 24. Dezember 1991 (1991-12-24) Spalte 4, Zeilen 6-24 Spalte 5, Zeilen 35-68 Spalte 6, Zeile 34 - Spalte 23, Zeile 2 Abbildungen 1-12	1-11
X	EP 0 449 590 A (NKK CORPORATION) 2. Oktober 1991 (1991-10-02) das ganze Dokument	1-11

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E altes Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. Juni 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

14/06/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Roetsch, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/053459

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 2238439	A	29-05-1991	KEINE
US 5075863	A	24-12-1991	JP 1890026 C 07-12-1994
			JP 2145985 A 05-06-1990
			JP 6016080 B 02-03-1994
			JP 1890028 C 07-12-1994
			JP 2098685 A 11-04-1990
			JP 6016081 B 02-03-1994
			US RE35607 E 16-09-1997
			AT 123579 T 15-06-1995
			AU 628066 B2 10-09-1992
			AU 3939589 A 12-04-1990
			BR 8903984 A 17-04-1990
			CA 1332458 C 11-10-1994
			CN 1041654 A ,B 25-04-1990
			DE 68922954 D1 13-07-1995
			DE 68922954 T2 30-11-1995
			EP 0362992 A2 11-04-1990
			KR 9301549 B1 04-03-1993
			ZA 8906028 A 25-04-1990
EP 0449590	A	02-10-1991	JP 2032952 C 19-03-1996
			JP 3282284 A 12-12-1991
			JP 7060181 B 28-06-1995
			JP 2100199 C 22-10-1996
			JP 3281716 A 12-12-1991
			JP 8026386 B 13-03-1996
			AU 7374991 A 28-11-1991
			AU 7375091 A 03-10-1991
			AU 7375191 A 03-10-1991
			BR 9101250 A 05-11-1991
			BR 9101251 A 05-11-1991
			BR 9101257 A 05-11-1991
			CA 2038818 A1 01-10-1991
			CA 2038823 A1 01-10-1991
			CA 2038825 A1 01-10-1991
			CN 1055391 A 16-10-1991
			CN 1055426 A 16-10-1991
			CN 1055392 A 16-10-1991
			DE 69123772 D1 06-02-1997
			DE 69123772 T2 31-07-1997
			DE 69127575 D1 16-10-1997
			DE 69127575 T2 16-04-1998
			EP 0449590 A2 02-10-1991
			EP 0451987 A2 16-10-1991
			EP 0449596 A2 02-10-1991
			KR 9409241 B1 01-10-1994
			US 5182565 A 26-01-1993
			US 5329467 A 12-07-1994
			US 5115242 A 19-05-1992
			ZA 9102367 A 24-12-1991
			ZA 9102368 A 24-12-1991